

INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS ECONÓMICAS E EMPRESARIAIS

LICENCIATURA EM CONTABILIDADE E ADMINISTRAÇÃO

RAMO: ADMINISTRAÇÃO E CONTROLO FINANCEIRO

**IMPORTÂNCIA DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA DETERMINAÇÃO
DE INFORMAÇÕES DE GESTÃO**

CASO MOAVE, SA

Ana Maria Pinto Dias

Mindelo - Junho de 2010

**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS ECONÓMICAS E
EMPRESARIAIS**

LICENCIATURA EM CONTABILIDADE E ADMINISTRAÇÃO

RAMO: ADMINISTRAÇÃO E CONTROLO FINANCEIRO

**IMPORTÂNCIA DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA
DETERMINAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE GESTÃO**

CASO MOAVE, SA

Ana Maria Pinto Dias

ORIENTADOR: João Augusto Vieira Baptista

Mindelo - Junho de 2010

“Tenha coragem. Vá em frente.

Determinação, coragem e autoconfiança são factores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha filha Emárilise Mabel, ao grande amor da minha vida Airton Vanderzé e a toda a minha família em especial a minha mãe Maria Pinto.

Agradecimentos

A Deus por ter me concedido a oportunidade e a coragem de iniciar esta caminhada.

Ao Professor João Augusto Vieira Baptista pelos ensinamentos, dedicação e confiança que demonstrou ao assumir o compromisso de ser meu orientador.

Aos meus irmãos Gialinda, Marlene, Adilson, Arcênia, Antônia e Lucas pela força e motivação para realização desta importante etapa da minha vida;

Ao meu querido amigo Roberto (Bét), pela sua amabilidade, preocupação, incentivo e disponibilização do seu computador sempre que eu precisei.

Aos professores Dr. Carlos Monteiro, Dr. Manuel de Pina e Dr. Eurides Costa pelas valiosas sugestões bibliográficas recebidas no início do desenvolvimento deste trabalho.

A Delegação de Formação e Qualificação de Quadros pela bolsa de estudos, pois sem ela não conseguiria custear o meu curso.

Ao ISCEE e a todo corpo docente pela paciência, dedicação, conhecimentos e incentivos transmitidos durante todo o curso.

Aos Funcionários da Secretária e da Biblioteca da escola, em especial ao Sr. André, pela atenção dispensada e o pronto atendimento.

Aos colegas Ivanilda Lopes, Ana Lúcia, Ana Pires, Jailsa Silveira, Carlos Soulé, Roseno Rocha e a minha colega de trabalho Nidia Lopes pela amizade, convívio, críticas e sugestões sempre oportunas e pertinentes.

A todos os colaboradores da empresa Moave em especial aos Srs Ernesto Morais, Rogério Rodrigues, Jorge Cruz e Humberto Dias pelo profissionalismo, colaboração e dedicação na condução desta pesquisa.

A minha amiga Elsa Pereira, uma pessoa que eu admiro muito e com quem criei uma grande amizade.

A minha amiga Ana Pina, que se mostrou uma grande amiga nas horas de angústias e aflições me dando força e coragem para seguir em frente.

Aos meus amigos e colegas da equipa de volei Progresso, em especial aos colegas, Elizangêla, Magda, Joana e Wanderley, com eles convivo todo os dias, e diariamente fortaleço laços muito importantes para mim, porque me encorajam a prosseguir frente ao futuro.

A todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram de alguma forma para a conclusão deste trabalho.

Resumo

A Investigação Operacional vem demonstrando ser uma valiosa ferramenta de gestão nos dias de hoje em que se vive num mercado cada vez mais competitivo. Através da Programação Linear pode-se reproduzir matematicamente um problema de maximização dos resultados ou minimização dos custos de produção com o propósito de auxiliar os gestores na tomada de decisão.

A Programação Linear é um método matemático em que a função objectivo e as restrições assumem características lineares, com diversas aplicações no controlo de gestão, envolvendo normalmente problemas de utilização dos recursos disponíveis sujeitos a limitações impostas pelo processo produtivo ou pelo mercado.

O objectivo geral deste trabalho é o de propor um modelo de Programação Linear para a programação ou produção e alocação de recursos necessários.

Optimizar uma quantidade física designada função objectivo, tendo em conta um conjunto de condicionalismos endógenas às actividades em gestão. O objectivo crucial é dispor um modelo de apoio à gestão contribuindo assim para afectação eficiente de recursos escassos à disposição da unidade económica.

Com o trabalho desenvolvido ficou patente a importância da abordagem quantitativa como recurso imprescindível de apoio ao processo de decisão.

Palavras-chaves: Planeamento e Controlo de gestão, Programação Linear, Processo de tomada de decisão.

Abstract

The operational research has proven to be a valuable management tool today we live in an increasingly competitive market. Through Linear Programming can be mathematically reproduce a problem of maximizing performance or minimizing production costs in order to assist managers in decision making.

The Linear Programming is a mathematical method in which the objective function and constraints are linear features, with several applications in the control of management, usually involving problems of resource use are available subject to limitations imposed by the production process or the market.

The overall objective of this work is to propose a Linear Programming model for scheduling or production and allocation of necessary resources.

Optimizing a physical quantity called the objective function, given a set of endogenous constraints on management thus contributing to efficient allocation of scarce resources available to the economic unit.

With the work has demonstrated the importance of the quantitative approach as essential resource to support the decision process.

Keywords: Planning and Control management, Linear Programming, Decision-Making Process.

ÍNDICE

Resumo	I
Abstract.....	II
ÍNDICE.....	III
Índice de Figuras	V
Índice de Quadros	VI
Índice de Tabelas.....	VII
Índice de Abreviaturas.....	VIII
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – Escolha e justificação do tema	2
1.2 – Objectivos do trabalho	3
1.3 – Utilidade Académica e Profissional.....	3
2 – MARCO TEORICO	5
2.1 – Investigação Operacional e Programação Linear.....	5
2.1.1 – Origem e características da Investigação Operacional.....	5
2.1.2 - Passos na Investigação Operacional para a resolução de um problema	7
2.2- Problemas de Optimização	10
2.2.1 - Problemas de Programação Matemática como Problemas de Optimização	10
2.3 – Programação Linear	11
2.3.1 – Conceitos Fundamentais	12
2.3.2 - O modelo de Programação Linear	13
2.3.3 - Operações de reformulação.....	14
	III

2.3.4 – Soluções do Modelo	15
2.3.5 – Hipóteses do modelo de Programação Linear	16
2.3.6 - Programação Linear e o processo de decisão	17
2.3.7 – Dualidade	18
2.3.8 - Propriedades Fundamentais da Dualidade	20
2.3.9 - Propriedades dos desvios complementares	20
2.4 – A Programação Linear e a Contabilidade de Gestão	21
2.4.1– Contabilidade de Gestão	21
3 – METODOLOGIA.....	25
4.1– Empresa.....	27
4.2 - Recolha, Tratamento e Análise de dados~	30
5 – CONCLUSÃO	41
6 – RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
7 – BIBLIOGRAFIA	43
8 – ANEXOS	45

Índice de Figuras

Figura 1 - Organograma do Trabalho.	25
--	----

Índice de Quadros

Quadro 1 – Horas necessárias por produto em cada secção	30
Quadro 2 - Solução óptima do problema Primal	32
Quadro 3 - Relatório de resposta	33
Quadro 4 - Relatório de Sensibilidade.....	33
Quadro 5 - Solução óptima do problema Dual	35
Quadro 6 - Relatório de Resposta.....	36
Quadro 7 - Relatório de Sensibilidade.....	36

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Os ramos mais importantes da IO	7
Tabela 2 - Problema Primal versus Problema Dual	19
Tabela 3 - Relação Primal – Dual	38

Índice de Abreviaturas

IO – Investigação Operacional

FO – Função Objectivo

Moave – Moagem de Cabo Verde SA

OMC – Organização Mundial do Comércio

PL – Programação linear

PM – Programação Matemática

SCOOP – Scientific Computation of Optimum Programs

US – United State

1 – INTRODUÇÃO

Com o mercado nacional e internacional em constante mutação, ora ampliando-se ora retraindo-se em função dos vários factores como a guerra, as oscilações cambiais do US Dollar, mudanças de governo, entre outros e, mais recentemente, a crise financeira, fazem com que o mercado se torne cada vez mais turbulento.

Perante essas constantes incertezas, os gestores necessitam tomar decisões com um certo grau de precisão e isto só pode ser alcançado se os mesmos tiverem informações compatíveis e credíveis para tal.

A utilização de modelos contabilísticos baseados em métodos quantitativos tem-se tornado uma necessidade, decorrente do rápido desenvolvimento tecnológico, razão porque os gestores têm de adoptar o uso de ferramentas quantitativas que lhes permitem prestar um serviço de melhor qualidade às Organizações e à Sociedade.

Os gestores “tomadores de decisão” estão inseridos num contexto, muitas vezes subjectivo, pois diversas circunstâncias externas podem influenciar as actividades da empresa. Para isso precisam apoiar-se em instrumentos mais adequados de forma a administrar esses factores limitativos de tomada de decisão, controlar as operações e testar desempenhos, por isso, os gestores, em conjunto com a contabilidade de gestão, poderão utilizar a Programação Linear (PL) como uma técnica matemática, que serve de suporte à escolha da melhor situação, auxiliando-os para que tenham menor margem de erro possível.

A utilização da PL possibilita a escolha de entre diversas alternativas a que maximize os resultados (lucro) ou minimize os gastos (custos).

1.1 – Escolha e justificação do tema

- **Apresentação do tema**

O presente trabalho, inscreve-se no âmbito de Investigação Operacional (IO) e visa demonstrar a importância da PL na determinação de informações de gestão úteis no auxílio a tomada de decisão e no planeamento e controlo das actividades produtivas da empresa Moave, SA, propondo procedimentos e técnicas quantitativas que permitirão aos gestores da empresa tomar decisões acertadas e com maior margem de segurança.

- **Justificação do tema**

As organizações cada vez mais competem num ambiente turbulento e instável, acentuado com a globalização, o que deixa as empresas expostas a muitas mudanças radicais e imprevisíveis. As organizações que visam posicionar-se bem no mercado onde competem, devem ter capacidade de gerar competências estratégicas, requerendo das mesmas planos estratégicos dinâmicos e efectivos, com metodologias efectivas e exequíveis, compatíveis com a criatividade e competência dos envolvidos.

No contexto das empresas Cabo-verdianas, as abordagens à gestão dos recursos são feitas, geralmente, numa perspectiva qualitativa, sobretudo por falta de visão sistémica e estratégica da utilização de ferramentas com base científica e coerentes que podem desempenhar um papel importante enquanto instrumentos de apoio ao processo decisório. Deste modo, pretende-se aplicar uma ferramenta a um caso específico com objectivo de demonstrar a importância de Programação Linear na Gestão.

1.2 – Objectivos do trabalho

O presente trabalho tem com **objectivo geral**:

- Propor um modelo de Programação Linear, que dê suporte à tomada de decisão, fornecendo dados precisos e detalhados das etapas fundamentais que englobam todos os factores intervenientes do processo de produção da empresa em estudo.

Tem ainda como **objectivos específicos**:

- Verificar que informações de custo são úteis para:
 - a) O processo de decisão, quando houver limitação de recursos na produção;
 - b) Auxiliar o planeamento e controle das actividades produtivas;
- Mostrar a eficácia da programação Linear em relação a outros métodos de controlo;
- Determinar um plano de produção com custos mínimos em vez de relacionar a margem de contribuição com a limitação da capacidade produtiva.

1.3 – Utilidade Académica e Profissional

➤ Utilidade Académica Esperada

Atendendo que “ Importância da Programação linear na determinação de informações de gestão “ é um tema relativamente novo, espera-se que possa servir de base para o desenvolvimento de futuros trabalhos.

➤ **Utilidade Profissional Esperada**

Tendo em conta que as novas tecnologias de produção dominam cada dia mais o ambiente empresarial tornando-o mais competitivo, torna-se indispensável aperfeiçoar as técnicas existentes, inventar novos produtos ou conjugar a linha de produção já existente com novos padrões de qualidade, evitando o desperdício de recursos aumentando, conseqüentemente, a produção a um custo menor. Com isso espera-se que este estudo possa auxiliar os gestores em contextos complexos e cenários adversos e de incerteza em que estes têm de optar pelo melhor curso de acção com eficiência e eficácia. Assim, colocam-se as seguintes questões:

- O quê, como e quanto produzir?
- Que recursos e como afectá-los?
- Como distribuir os produtos?
- Que quantidades ter em *stock* de cada produto?

A busca de resposta a estas questões justifica a realização deste trabalho e define as linhas orientadoras subjacentes ao seu desenvolvimento no contexto da empresa seleccionada.

2 – MARCO TEORICO

2.1 – Investigação Operacional e Programação Linear

2.1.1 – Origem e características da Investigação Operacional

Origem

A investigação operacional, surgiu como ciência durante a segunda guerra mundial, para apoiar processos de decisão e de organização das actividades militares das forças aliadas, resolvendo problemas de distribuição de recursos militares, homens, etc. a determinadas situações de forma eficaz.

Desde a revolução industrial¹, tem-se assistido a um acelerado crescimento da complexidade das empresas e organizações. Uma componente importante do desenvolvimento tem sido a divisão do trabalho que é também reflectido na segmentação da administração.

Este considerável aumento da complexidade e da especialização, quer na produção, quer na gestão, tem levantado problemas como:

- Complexidade na distribuição e utilização óptima dos recursos, que são geralmente limitados, para obter uma melhor eficácia dentro de toda a organização.
- Complexidade na administração da organização em geral: os diferentes departamentos dentro da empresa com objectivos e administração própria, muitas vezes se perdem do objectivo geral das empresas como um todo, pois o que é para uns pode não ser para outros.

A necessidade de resolver duma forma mais eficiente estes e outros problemas conduziu ao surgimento da IO como ciência.

¹ Guerreiro J, Magalhães A & Ramalhe M, Programação Linear, Volume I, 1995.

Em 1947, George Dantzig e outros cientistas do Departamento da Força Aérea Americana, no âmbito do projecto SCOOP (Scientific Computation of Optimum Programs), apresentaram o Método Simplex como uma forma de resolver os problemas de Programação Linear.

Com a apresentação do Método Simplex, a IO em geral, e a PL, em particular, deu um grande salto. É a partir de então que as aplicações de IO não cessaram, envolvendo valiosas contribuições de economistas e matemáticos.

O desenvolvimento da Informática é outro dos factores que tem contribuído para a evolução acelerada desta ciência nas últimas décadas, pois passou-se a ter disponíveis meios e sistemas de informação que começaram a oferecer condições de concretização algorítmica com bons índices de velocidade e capacidade adaptados a criatividade dos investigadores e às exigências referentes a complexidade dos problemas em estudo.

Características Fundamentais

As características fundamentais da Investigação Operacional são:

- Aplicação de métodos científicos na gestão das organizações: uma abordagem quantitativa e qualitativa na tomada de decisões;
- Orientação sistémica: o problema é analisado no contexto dum sistema que inclui diversas componentes inter-relacionadas entre si. As soluções devem satisfazer toda a organização, ou seja, o sistema completo;
- Extensibilidade: pode ser aplicada a um largo número de organizações, nomeadamente, Negócios (“*business*”), Economia, Industria, Industria Militar, Governos, Agências, Hospitais, etc.

Tabela 1 - Os ramos mais importantes da IO

Programação Matemática	Outros Ramos
<ul style="list-style-type: none">• Programação Linear (LP)<ul style="list-style-type: none">✓ Problemas de distribuição de recursos, pessoal, etc.✓ Problemas de transporte✓ Problemas de planeamento da produção✓ Problemas de corte de materiais, etc.• Programação Não Linear• Programação Dinâmica• Programação Inteira• Optimização Global	<ul style="list-style-type: none">• Análise Estatística• Teoria dos Jogos• Teoria das Filas<ul style="list-style-type: none">✓ Organização do tráfego aéreo✓ Congestão do tráfego✓ Construção de barragens• Simulação• Gestão de Stocks

Fonte: Adaptado de Hiller, F.S. & lieberman, G.J. (2006). Introdução a pesquisa operacional.

2.1.2 - Passos na Investigação Operacional para a resolução de um problema

Segundo Hiller, F.S. & lieberman, G.J. (2006), para resolver um Problema em IO temos que ter em conta os seguintes passos:

1.º Passo: Construção do modelo matemático

A modelação matemática dum problema possibilita uma melhor compreensão da essência do mesmo, para isso tem-se a necessidade de saber alguns conceitos como:

Modelo - Um modelo é uma representação simplificada de uma situação na vida real. Um modelo reflecte a essência do problema, representando as relações de interdependência existentes entre todas as componentes da situação em estudo.

Modelo Matemático - Um modelo matemático é uma representação simplificada de uma situação da vida real, formalizada com símbolos e expressões matemáticas.

Modelo Matemático de um Problema de Optimização - Um modelo matemático de um Problema de Optimização é representado por um sistema de equações ou inequações que descrevem a essência do problema.

Um modelo matemático de um Problema de Optimização determina os valores de um número N de decisões a ser tomadas, denominadas variáveis de decisão: x_1, x_2, \dots, x_N , inter-relacionadas por uma função matemática, que representa a medida da vantagem ou desvantagem associada à tomada de decisão. Esta função é denominada função objectivo. Qualquer restrição associada às variáveis de decisão pode ser representada por equações ou inequações matemáticas. Estas expressões são denominadas restrições do modelo. Todas as constantes (coeficientes) da função objectivo e das restrições são denominadas parâmetros do modelo².

2.º Passo: Determinação da solução

Uma vez realizada a formulação matemática do problema, é preciso aplicar métodos e algoritmos desenvolvidos para a resolução do correspondente modelo de IO. Se o modelo foi correctamente formulado, a solução obtida pode ser uma boa aproximação da solução a implementar na situação real. Qualquer modelo, como representação do problema, possui um certo grau de incerteza, motivado fundamentalmente pelas simplificações efectuadas. Neste passo é incorporada outro tipo de análise denominada "análise de sensibilidade e pós-optimização" em que é abordado o comportamento da solução óptima quando são efectuadas pequenas alterações em certos parâmetros do modelo. Para isto, é preciso determinar quais são os parâmetros do modelo que mais influenciam a solução óptima, denominados parâmetros "sensíveis".

A análise de sensibilidade e pós-optimização possibilita um espectro mais alargado de soluções quando ocorrem alterações nestes parâmetros "sensíveis". Uma vez concluído este passo, a equipa de IO, está pronta para avaliar várias propostas de modelos e as respectivas soluções óptimas.

² - Em anexo 1 aspectos fundamentais à ter em conta na modelação de um problema de IO.

3.º Passo: Avaliação do modelo e da solução

Neste passo serão avaliados, quer o modelo escolhido, quer as soluções obtidas. Dependendo das conclusões da avaliação, será determinado o passo a seguir.

- Avaliação satisfatória: proceder à tomada de decisão, que prepara as condições para a implementação da solução obtida na situação real.
- Avaliação não satisfatória: proceder à reformulação, remodelação e resolução do novo modelo, a partir dos resultados obtidos no processo de avaliação e também na análise de sensibilidade e pós-otimização.

4.º Passo: Tomada de decisão na solução encontrada

Uma vez concluída satisfatoriamente a etapa de avaliação, é preciso elaborar um relatório bem documentado que possibilite a implementação da situação obtida na situação real. Este relatório deve incluir o modelo e um procedimento para a tomada de decisão, o que significa, que todas as acções que devem ser realizadas para implementar os resultados do estudo de IO, devem estar incluídas numa metodologia bem detalhada com todos os passos que sejam necessários seguir para a sua implementação.

5º Passo: Implementação

Neste passo efectua-se a implementação das soluções obtidas usando a metodologia elaborada. No processo de implementação é preciso envolver activamente a administração e todas as componentes da organização que actuam no sistema em estudo.

Conforme o 2.º Passo, depois de se terem implementado as soluções, pode ser necessário avançar para uma etapa mais complexa do problema, incluindo alguns elementos novos. Neste caso, inicia-se um novo ciclo para a resolução do problema em causa, só que agora com um nível superior de complexidade do mesmo.

A formulação e resolução de modelos matemáticos para os Problemas de Optimização representam apenas uma parte de todo o processo que envolve um estudo de

Investigação Operacional. Os outros passos aqui mencionados, também são de grande importância para o sucesso da resolução do problema em estudo.

2.2- Problemas de Optimização

2.2.1 - Problemas de Programação Matemática como Problemas de Optimização

Para uma melhor compreensão dos termos em causa, Tavares L.V. et al (1996) dá-nos as seguintes definições:

Problemas de Optimização - Os problemas de Optimização são problemas de maximização ou minimização de funções de variáveis num determinado domínio normalmente definido por um conjunto de restrições nas variáveis.

Problemas de Programação Matemática - Os problemas de Programação Matemática (PM) são uma classe particular de Problemas de Optimização, que surgem na década de quarenta, aplicados nos campos da organização e da gestão económica, em que o objectivo e as restrições são dadas como funções matemáticas e relações funcionais.

PROGRAMAÇÃO \Leftrightarrow planeamento de actividades.

MATEMÁTICA \Leftrightarrow o problema é representado matematicamente pelo modelo:

$$\begin{array}{ll} \text{Maximizar ou minimizar} & f(x_1, x_2, \dots, x_N) \\ \text{Satisfazendo} & \left\{ \begin{array}{l} g_1(x_1, x_2, \dots, x_N)=0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_M(x_1, x_2, \dots, x_N)=0 \end{array} \right. \end{array}$$

Fonte: Adaptado de Tavares, L.V., et al (1996). *Investigação operacional*. p.21.

em que:

- a) x_1, x_2, \dots, x_N são as **variáveis** que representam as incógnitas do problema e que se definem para domínios preestabelecidos;
- b) g_1, g_2, \dots, g_M são as **restrições** a satisfazer por cada solução de modo que seja realizável (**Solução possível**);
- c) $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ é uma função que representará uma medida da vantagem ou desvantagem atribuída pela decisão a cada solução do problema (**função objectivo**).

Os problemas de Programação Matemática podem ser classificados em:

- Lineares: se $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$, $g_i(x_1, x_2, \dots, x_N)$, $i=1 \dots M$ são funções lineares.
- Não lineares: se alguma das relações $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$, $g_i(x_1, x_2, \dots, x_N)$, $i=1 \dots M$ for uma função não linear.

Os problemas de PM como Problemas de Optimização abrangem a análise e estudo de sistemas de forma a determinar o programa de acção mais adequado à prossecução de certo objectivo, tendo em conta as restrições que limitam o seu comportamento.

2.3 – Programação Linear

Segundo Tavares, Oliveira, Themido e Correia (1996) a programação linear é um conjunto de técnicas que permitem resolver o problema de optimização onde tanto a função objectivo como as restrições são lineares. O seu principal objectivo é o planeamento de actividades para obter um resultado óptimo, ou seja, que permita atingir os resultados pretendidos.

Historicamente, a Programação Linear (PL) encontra as suas raízes na antiguidade, e é desde então, que muitos cientistas têm dedicado os seus estudos à pesquisas das teorias de optimização. Entre estes cientistas pode-se citar: o matemático e economista soviético L.V. Kantorovich que em 1939 formulou e resolveu problemas ligados à optimização na administração das organizações, mas o seu trabalho se manteve desconhecido até 1959; Von Neumann, Harold W. Kuhn e A.W. Tucker que entre 1939 e 1951 lançaram as bases da PL e a fundamentação teórica; o George B. Dantzig que em 1947 formulou o algoritmo Simplex, entre outros Koopmans, Cooper e Charnes.

A aplicação mais comum da PL refere-se à distribuição de recursos por diversas actividades, no entanto, muitas vezes também é utilizada para resolver problemas de transporte, problemas de planeamento da produção e problemas de cortes de materiais.

2.3.1 – Conceitos Fundamentais

1. A função a maximizar (minimizar), $Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_N x_N$, designa-se por **função objectivo (FO)**;
2. As equações (inequações) designam-se por **restrições**;
3. As desigualdades $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_j \geq 0, \dots, x_N \geq 0$ designam-se por **condições de não negatividade**;
4. As variáveis $(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_N)$ designam-se por **variáveis de decisão**;
5. As constantes a_{ij}, b_i, c_j designam-se, respectivamente, por coeficientes tecnológicos, termos independentes e **coeficientes da função objectivo**;
6. Qualquer especificação de valores para as variáveis de decisão $(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_N)$ que satisfaça as restrições do modelo e as condições de não negatividade designa-se por **solução admissível**;

7. O conjunto de todas as soluções admissíveis designa-se por conjunto de admissibilidade ou **região de admissibilidade**;
8. Uma solução óptima maximiza ou minimiza a função objectivo sobre toda a região admissível.

2.3.2 - O modelo de Programação Linear

A forma padrão ou "standard" e a forma canónica

O modelo de PL pode ser também apresentado nas seguintes formas típicas:

- **Forma padrão ou standard** - Quando as restrições de um modelo de Programação Linear são apresentadas na forma de equações.

Maximizar ou minimizar $Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_N x_N + c_{N+1} x_{N+1}$

$$\text{sujeito a:} \quad \left\{ \begin{array}{l} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1N} x_N + a_{1N+1} x_{N+1} = b_1 \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2N} x_N + a_{2N+1} x_{N+1} = b_2 \\ \dots \\ a_{M1} x_1 + a_{M2} x_2 + \dots + a_{MN} x_N + a_{MN+1} x_{N+1} = b_M \\ \text{com } x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_N \geq 0 \end{array} \right.$$

- **Forma canónica** - Quando as restrições de um modelo de Programação Linear são apresentadas na forma de inequações.

$$\text{maximizar } Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_N x_N$$

$$\text{minimizar } Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_N x_N$$

$$\text{sujeito } \left\{ \begin{array}{l} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1N} x_N \leq b_1 \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2N} x_N \leq b_2 \\ \dots \\ a_{M1} x_1 + a_{M2} x_2 + \dots + a_{MN} x_N \leq b_M \\ \text{com } x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_N \geq 0 \end{array} \right.$$

$$\text{sujeito } \left\{ \begin{array}{l} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1N} x_N \geq b_1 \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2N} x_N \geq b_2 \\ \dots \\ a_{M1} x_1 + a_{M2} x_2 + \dots + a_{MN} x_N \geq b_M \\ \text{com } x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_N \geq 0 \end{array} \right.$$

Fonte: Adaptado de Tavares, L.V., et al (1996). *Investigação operacional*. p.21.

2.3.3 - Operações de reformulação

As duas formas apresentadas (*padrão* e *canónica*) são equivalentes. Com efeito, mediante as operações a seguir indicadas, é sempre possível dar a qualquer problema uma destas formas, sem que o conjunto de soluções se altere.

1) Qualquer problema de maximização pode converter-se num problema de minimização, pois: máximo $Z = -$ mínimo $(-Z)$;

2) Qualquer restrição de desigualdade do tipo “ \leq ” pode ser convertida numa restrição do tipo “ \geq ” multiplicando por (-1) ambos os seus membros:

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{iN} x_N \leq b_i \Leftrightarrow -a_{i1} x_1 - a_{i2} x_2 - \dots - a_{iN} x_N \geq -b_i$$

3) Qualquer restrição de igualdade pode ser convertida em duas restrições de desigualdades “ \leq ” equivalentes àquela:

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{iN} x_N \leq b_i$$

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{iN}x_N = b_i \Leftrightarrow a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{iN}x_N \geq b_i$$

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{iN}x_N \Leftrightarrow -a_{i1}x_1 - a_{i2}x_2 - \dots - a_{iN}x_N \leq -b_i$$

4) Qualquer restrição de desigualdade pode ser convertida numa restrição de igualdade, através da introdução duma nova variável (variável de desvio ou folga) x_{N+1} , de valor não negativo:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{iN}x_N \leq b_i \Leftrightarrow b_i - a_{i1}x_1 - a_{i2}x_2 - \dots - a_{iN}x_N \geq 0$$

$$\Leftrightarrow x_{N+1} = b_i - a_{i1}x_1 - a_{i2}x_2 - \dots - a_{iN}x_N \geq 0,$$

Acrescentando-se a variável de folga x_{N+1} , obtém-se:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{iN}x_N + x_{N+1} = b_i, \quad x_{N+1} \geq 0$$

5) Qualquer variável livre (não restringida pela condição de não negatividade) x_j , pode ser substituída por um par de variáveis não negativas $x_j' \geq 0$ e $x_j'' \geq 0$, fazendo $x_j = x_j' - x_j''$ e deste modo formulando de novo o problema em função destas duas novas variáveis.

2.3.4 – Soluções do Modelo

O objectivo da PL é determinar de entre as soluções admissíveis uma que seja a “melhor” medida pelo valor da função objectivo do modelo. Por "melhor" entende-se o maior ou menor valor da função objectivo, dependendo se o modelo é de maximizar ou de minimizar.

Ao resolver um problema de PL pode ocorrer uma das seguintes situações:

- O problema tem uma única solução óptima;
- O problema tem múltiplas soluções óptimas (uma infinidade);

- O problema não tem óptimo finito: A região de admissibilidade é não limitada e o valor da função objectivo Z cresce indefinidamente no sentido favorável (positivo ou negativo);
- O problema é impossível, não tem nenhuma solução: Isto acontece quando não existem soluções admissíveis, isto é, o conjunto de soluções admissíveis é vazio.

2.3.5 – Hipóteses do modelo de Programação Linear

Segundo Hillier e Lieberman (2006), qualquer modelo de PL deve cumprir as seguintes hipóteses que garantem a linearidade da função objectivo e das restrições do problema.

Estas hipóteses são:

- **H1-Proporcionalidade**

Em cada actividade a quantidade de bens que entram e saem são sempre proporcionais ao nível da mesma, isto é, se por exemplo, for duplicado o nível duma actividade, ter-se-ão de duplicar todos os "inputs" (os recursos utilizados) sendo duplicados todos os "outputs" (os produtos).

$$x_j P_j = x_j [a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj}]' = [x_j a_{1j}, x_j a_{2j}, \dots, x_j a_{mj}]'$$

- **H2-Aditividade**

Dadas N actividades, o resultado do emprego conjunto das mesmas é a sua adição. Por exemplo, combinando as actividades P_r e P_s tem-se uma nova actividade, resultante da combinação destas:

$$x_r P_r + x_s P_s = [x_r a_{1r}, \dots, x_r a_{mr}]' + [x_s a_{1s}, \dots, x_s a_{ms}]' = [x_r a_{1r} + x_s a_{1s}, \dots, x_r a_{mr} + x_s a_{ms}]'$$

- **H3 - Divisibilidade e não negatividade**

O nível de uma actividade pode assumir qualquer valor positivo de um dado intervalo, o que equivale a supor que os bens são perfeitamente divisíveis, isto é, susceptíveis de variar em quantidades infinitesimais.

- **H4 - Linearidade da função objectivo**

Cada actividade contribui para o objectivo global perseguido pelo sistema (por exemplo, cada actividade normalmente tem associado um certo lucro ou um certo custo). Esta hipótese indica que essa contribuição para a função económica é proporcional ao nível da actividade. A contribuição total é a soma das contribuições de todas as actividades.

OBS.: As hipóteses H1 e H3 traduzem a linearidade das actividades e, atendendo a H4, pode concluir-se que se está em presença de um modelo linear.

2.3.6 - Programação Linear e o processo de decisão

As organizações diariamente lidam com situações nas quais há necessidade de tomada de decisões.

Decidir é escolher ou optar entre diferentes alternativas viáveis, também pode ser considerada uma sequência de acções a serem tomadas com o objectivo de resolver um problema.

Os gestores das organizações, por vezes de forma involuntária, baseiam-se numa abordagem qualitativa ou quantitativa de tomada de decisões para os mais diversos problemas internos e externos. Normalmente, numa abordagem qualitativa as decisões estão baseadas na intuição e na experiência, o que muitas vezes se mostra insuficiente para resolução de problemas, sejam elas de ordem económicas, financeiras ou de utilização e afectação de recursos disponíveis.

É na condição de decidir quais as prioridades para seleccionar os problemas de distribuição e afectação de recursos, que os gestores podem utilizar a Programação Linear como uma técnica ou modelo matemático, que dê suporte á escolha de melhor decisão para os diversos tipos de situações, capaz de auxiliá-los em função de critérios que tornam-se imprescindíveis tanto na maximização de lucro, quanto na minimização de custos.

2.3.7 – Dualidade

Um problema pode ser modelado quer através do modelo denominado Primal, quer através de um outro que se designa Dual. Isto significa que a existência de um dos problemas sustenta a existência do outro, por isso diz-se que há uma relação recíproca de dualidade, o que os leva a serem conhecidos por par de problemas Duais.

Embora diferentes, o problema Primal e o Dual são sustentados pelo mesmo sistema de parâmetros e a resolução de um constitui a resolução do outro, sendo a solução de um determinada pelo do outro. Assim o par de problemas Duais mais não é do que um par de representações do problema real.

Para a passagem de um problema original de PL, designado problema Primal, para um outro problema associado, ou seja, o Problema Dual há que ter em conta algumas regras de transformação que são:

1. A cada restrição do problema original corresponde uma variável do problema Dual;
2. A matriz dos coeficientes técnicos do problema Dual é a matriz transposta da matriz correspondente do problema original;
3. Os termos independentes do problema Dual são os coeficientes da função objectivo do problema original. Os coeficientes da função objectivo do problema Dual são os termos independentes do problema original;

4. Se o problema Primal for um problema de maximização (minimização) na forma típica, então o problema Dual é um problema de minimização (maximização) também na forma típica.

Tabela 2 - Problema Primal versus Problema Dual

Problema Primal de Maximização	
Forma Típica	
Maximizar $Z = c X$	Minimizar $W = b U$
Sujeito a $AX \leq b$	Sujeito a $AU \geq c$
$X \geq 0$	$U \geq 0$
Forma Estandardizada	
Maximizar $Z = c X$	Minimizar $W = bU$
Sujeito a $AX = b$	Sujeito a $AU \geq c$
$X \geq 0$	U , variável Livre
Problema Primal de Minimização	
Forma Típica	
Minimizar $Z = c X$	Maximizar $W = b U$
Sujeito a $AX \geq b$	Sujeito a $AU \leq c$
$X \geq 0$	$U \geq 0$
Forma Estandardizada	
Minimizar $Z = c X$	Maximizar $W = bU$
Sujeito a $AX = b$	Sujeito a $AU \geq c$
$X \geq 0$	U , variável Livre

Fonte: Adaptado de Ramalhe M, Guerreiro J. & Magalhães A. (1997). Programação linear.

2.3.8 - Propriedades Fundamentais da Dualidade

1. O valor da função objectivo, Z , de qualquer solução admissível do problema primal, $X = |x_1, x_2, \dots, x_N|$, não excede o valor da função objectivo, W , de qualquer solução admissível do problema dual, $U = |u_1, u_2, \dots, u_M|$, isto é,

$$Z = \sum_j C_j X_j \leq \sum_i b_i u_i = W$$

2. Se $X^* = |x_1^*, x_2^*, \dots, x_N^*|$ e $U^* = |u_1^*, u_2^*, \dots, u_N^*|$ são soluções admissíveis para os problemas Primal e Dual, respectivamente, tais que

$$\sum_j C_j X_j^* \leq \sum_i b_i u_i^*$$

3. Para qualquer par de problemas Duais, a existência da solução óptima (finita) para um deles garante a do outro e os respectivos valores das funções objectivo são iguais, $Z^* = W^*$
4. Um problema de PL tem solução óptima (finita) se e só se existirem soluções admissíveis para o problema Primal e Dual.
5. Se para algum dos problemas existir solução não limitada, então o outro possui soluções admissíveis.

2.3.9 - Propriedades dos desvios complementares

1. Se uma variável de decisão dum problema for não nula na solução óptima, então no outro problema a restrição associada a essa variável encontra-se saturada³, isto é, a variável de folga correspondente é nula.

³ Segundo Ramalhete M, Guerreiro J. & Magalhães A. (1997) - Uma restrição diz-se saturada se e só se verifica a igualdade, caso contrário diz-se não saturada.

$X_j^* > 0$ então $(\sum a_{ij} u_i^* = c_j, \text{ isto é, } U_{M+j}^* = 0)$

$U_i^* > 0$ então $(\sum a_{ij} x_j^* = b_i, \text{ isto é, } X_{N+i}^* = 0)$

2. Se uma restrição de um problema não se encontra saturada na solução ótima então a variável de decisão no problema associado a essa restrição é nula.

$(\sum a_{ij} x_j^* < b_i, \text{ isto é, } X_{N+i}^* = 0)$ então $U_i^* = 0$

$(\sum a_{ij} u_i^* > c_j, \text{ isto é, } U_{M+j}^* = 0)$ então $X_j^* = 0$

3. Se $X^* = |x_1^*, x_2^*, \dots, x_N^*|$ e $U^* = |u_1^*, u_2^*, \dots, u_N^*|$ são soluções admissíveis para os problemas Primal e Dual, respectivamente, e verificam a propriedade dos desvios complementares, então X^* e U^* são as soluções ótimas do Primal e Dual, respectivamente.

2.4 – A Programação Linear e a Contabilidade de Gestão

2.4.1– Contabilidade de Gestão

Missão

Atendendo que a informação proporcionada pela contabilidade geral (ou financeira) se restringe aos valores globais da entidade, constata-se que estes elementos se tornam insuficientes para o acompanhamento das actividades descentralizadas e, consequentemente, elaboração dos respectivos relatórios financeiros.

Quer-se com isto dizer que conhecer o Balanço, a Demonstração dos Resultados, a Demonstração dos Fluxos de Caixa de uma entidade no seu todo, apenas constitui uma vaga referência para conhecimentos da forma como se realizaram actividades mais

descentralizados (projectos, cursos, etc.), pelo que se torna necessário que a contabilidade seja capaz de proporcionar informação a níveis mais elementares e mais orientada para o conhecimento da execução financeira de cada uma dessas actividades.

Para responder a este tipo de necessidade desenvolveu-se um ramo do sistema contabilístico designado por contabilidade analítica ou contabilidade de gestão.

A contabilidade de Gestão surge nas organizações, como um desenvolvimento da tradicional contabilidade industrial e, em fase posterior, contabilidade de custos. Enquanto a contabilidade de custo se preocupa fundamentalmente com a afectação de custos, a determinados objectos, centros de custo, produtos, etc., a contabilidade de gestão, tem perspectiva mais globalizante da informação financeira, traduzida não apenas em custos, mas também no tratamento dos proveitos, activos e passivos, como elementos fundamentais de informação para a gestão e relato financeiro descentralizado.

Desta forma, constitui objecto da contabilidade de gestão a atribuição financeira a determinados “objectos de custeio” (projectos, cursos, departamentos, etc.) seleccionados pela entidade para efeitos do conhecimento dos valores financeiros resultantes dos seus níveis de utilização dos recursos e das execuções (de bens ou serviços) por si realizadas.

Sendo assim, contrariamente à contabilidade geral ou financeira, que pode ser aplicada de forma quase estandardizada à generalidade das entidades, para modelar o sistema de contabilidade de gestão à realidade de cada uma, deve-se ter em conta:

- a) A própria organização: as actividades desenvolvidas, variedade de serviços (programas, cursos, etc.), a estrutura organizativa definida, a delegação de poderes, os recursos afectos e as políticas definidas;

- b) Os modelos de apuramento dos resultados, que se prendem com a lógica e características de gestão e, conseqüentemente, com a forma como os dirigentes os analisam e interpretam;
- c) A escolha dos segmentos-alvo (objectos de valor) em termos de apuramento dos resultados, os quais estão dependentes, quer da estratégia, quer dos compromissos assumidos, quer ainda dos próprios responsáveis.

Conceitos Básicos

A contabilidade de gestão é uma técnica de análise dos custos e proveitos de uma empresa que tem por objectivo: a valorização dos bens produzidos e fornecer dados para o controlo de gestão intervindo nos processos de decisão e gestão oferecendo um sistema de informação e modelos de decisão precisa sobre a real situação da empresa.

Existe inúmeros termos e conceitos empregados em custos, portanto serão apresentados algumas definições, baseadas em Caiado (2003) para padronização deste trabalho.

- **Gasto:** É a utilização ou deprecimento de activos de uma entidade ou a incorrência de passivos, ou a combinação de ambas, resultantes da entrega ou produção de bens, da prestação de serviços ou de outras actividades que constituem as principais operações em curso pela empresa.

- **Custo:** Gasto relativo ao bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços. Está relacionado à utilização dos factores de produção (bens e serviços) para a fabricação de um produto ou execução de um serviço.

- ***Custos Directos:*** São aqueles que concorrem directamente para o fabrico de um produto, ou seja, que podem ser directamente apropriados aos produtos, em função do seu consumo; por exemplo matérias-primas e mão-de-obra directa.
- ***Custos indirectos:*** São aqueles que concorrem de forma indirecta para o fabrico de um produto; por exemplo ordenados do pessoal, seguros e amortizações das instalações, etc.
- ***Custo Fixo:*** são custos que tendem a variar com o tempo e não com os níveis de actividades, ou seja, não depende de variações no volume de produção de determinado período.
- ***Custo Variável:*** Depende da variação de volume de produção ou venda em determinado período.
- ***Perda:*** Bem ou serviços consumidos de forma anormal e involuntária.
- ***Despesa:*** Bem ou serviço consumido directa ou indirectamente para a obtenção de receitas. Compõe-se de gastos relativos à administração, às vendas e aos financiamentos. Assim como os custos, a despesa pode ser dividida em despesa fixa e variável.
- ***Custeio:*** Método de apropriação de custo.

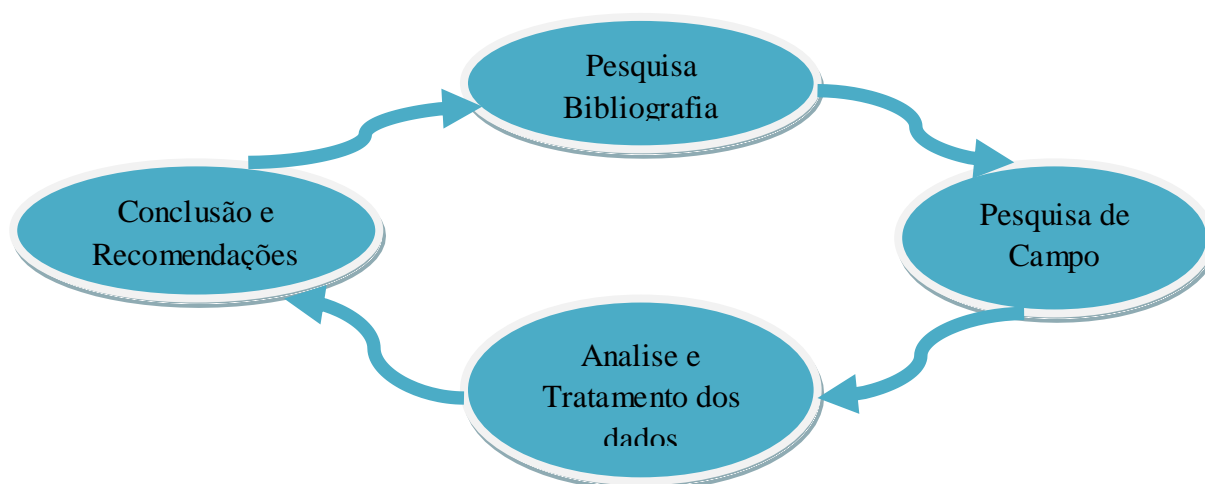
3 – METODOLOGIA

A metodologia de investigação engloba todos os passos realizados para construção do trabalho científico, que vai desde a escolha do procedimento para obtenção de dados, passa pela identificação dos métodos, técnicas, materiais, instrumentos de pesquisa, definição da amostra/universo, até a categorização e análise dos dados colectados. A seguir serão relatados os procedimentos metodológicos para a concretização dos objectivos propostos.

Método de investigação

Este trabalho é de natureza exploratória e descritiva; exploratória porque permite abrir caminhos para futuros trabalhos e descritiva pois, não assume a pretensão de generalização. Foi elaborado um estudo de caso aplicado a uma empresa cabo-verdiana de médio porte, MOAVE SA, inserida no sector de produção e comercialização de produtos alimentícios de primeira, conforme as seguintes etapas:

Figura 1 - Organograma do Trabalho.



Fonte: Elaboração Própria

Vieira & Major (2009) *apud* Yin (2003) definem estudo de caso como “ uma investigação empírica que investiga um fenómeno do seu ambiente real, quando as fronteiras entre o fenómeno e o seu contexto não são evidentes e na qual se utiliza múltiplas fontes de evidencia”. O mesmo autor diz que “a pesquisa bibliográfica proporciona maior familiaridade com o assunto, estimulando a compreensão à partir de uma nova visão. Este tipo de pesquisa permite levantar informações de diferentes autores sobre o tema em análise, com vista a construção de um referencial teórico para a fundamentação do trabalho.”

A pesquisa bibliográfica, executada para levantar dados secundários, fez uso principalmente do aporte teórico de autores clássicos que descrevem a Programação Linear, como Tavares (1996), Hiller & Lieberman (2006).

Recolha de dados de investigação

No processo de colecta de dados, fez-se uso de consulta documental baseada em relatórios anuais de contas, e aplicação de entrevistas semi-estruturadas, um misto entre a entrevista focalizada que aborda um tema específico, e a entrevista estruturada que se desenvolve "a partir de uma relação de perguntas" (Vieira & Major 2009). Para o caso específico deste trabalho, foi escolhido como respondente o responsável pela área de Produção da empresa.

Análise de dados

Os dados colectados foram analisados com base no referencial teórico adoptado, o que possibilitou uma avaliação mais precisa do processo produtivo da empresa seleccionada, foram tratados utilizando as funções da planilha electrónica *Microsoft Excel*, através do comando ferramentas/ SOLVER⁴(em anexo 2, instrução de como utilizar a ferramenta).

⁴ - O Solver é um programa chamado de ferramentas de análise hipotética e serve para localizar um valor ideal para uma fórmula em uma célula chamada de célula de destino em uma planilha.

4 – ESTUDO DE CASO

4.1– Empresa

Caracterização da Empresa

Nome da Empresa: Moave – Moagem de Cabo Verde SA.

É uma empresa que dedica as suas actividades a produção e comercialização de produtos alimentícios de primeira necessidade como: a farinha de trigo, o arroz, o milho e o açúcar.

A Visão da empresa consiste em que “todo o Cabo-verdiano pense na Moave”

Ela tem como Missão: satisfazer as necessidades básicas a nível alimentar da população de Cabo Verde e por outro lado assegurar a rentabilidade dos accionistas.

O objecto Social consiste em fornecer aos clientes um produto de qualidade e a melhor preço, para que a empresa, os clientes e população em geral sintam satisfeitos.

A Moave tem a sua sede na cidade do Mindelo ilha de São Vicente, e também é onde dispõe das suas unidades principais como a fábrica de moagem e armazéns. Nas outras ilhas como em Santo Antão - Porto Novo e em Santiago - Praia, dispõe de armazéns para distribuição dos produtos.

Historial

A Moave – moagem de Cabo Verde, SA, foi criada por escritura pública em 17 de Julho de 1972, sob a forma jurídica da sociedade por quotas, com capital social inicial de 10 milhões de escudos, a partir da reunião de dezoito sócios fundadores, na sua maioria, antigos importadores de farinha de trigo.

As obras de construção da fábrica começaram em Janeiro de 1974 e a sua entrada em funcionamento aconteceu a 20 de Setembro de 1975, data da sua inauguração.

Em 1978, o estado de Cabo Verde é admitido como accionista, com uma participação de 51% do capital social, realizado através do fornecimento de trigo que beneficiara de programas internacionais de ajuda alimentar, passando a Moave a contar nessa altura com vinte e quatro accionistas.

Em 1995, inicia-se o processo de alienação da participação do Estado, que fica concluída em 1998, passando todo o capital social para as mãos de privados nacionais, processo esse que culminou com a entrada de mais vinte e sete accionistas na Empresa.

As relações institucionais, particularmente com o governo, desde a criação da Empresa, em 1972 até a presente data, têm sido desenvolvidas numa base de muita confiança devido por um lado, à importância do trigo na segurança alimentar do país e por outro à qualidade da administração e gestão de negócios da sociedade.

Em 2005 a Moave assina protocolo com o Ministério da Saúde que tem como objectivo uma parceria com vista a dotar a empresa de moagem com equipamentos e tecnologia para adicionar ácido fólico e ferro às farinhas de trigo e de milho.

A transição da empresa de uma situação de protecção institucional (monopólio) para uma economia de mercado foi feita sob duas perspectivas, uma baseada na modernização das suas instalações fabris (moagem de trigo), e outra numa fase de comercialização de outros produtos de primeira necessidade, nomeadamente o arroz e o milho.

Situação Actual

A Moave postula hoje como uma das principais empresas de comercialização de produtos de primeira necessidade (farinha de trigo, milho, arroz e açúcar) no país.

O tráfego de cargas que gera nos vários percursos inter-ilhas é superior a 30 mil toneladas por ano, com fortes perspectivas de crescimento.

Em termos de estrutura física, a Moave dispõe de uma unidade de produção de farinha de trigo (moagem), com uma capacidade actual de moenda de 95 toneladas de trigo e uma unidade de armazenagem, constituída do seguinte modo:

Um bloco de 12 silos e 6 inter-espacos em betão, destinado a armazenagens da matéria-prima (trigo) e com uma capacidade de 4.500 toneladas.

Um bloco de 6 silos em betão, destinado a farinha de trigo e com uma capacidade de 36 toneladas.

Um bloco de 4 silos metálicos, destinados igualmente a farinha e com capacidade de 64 toneladas.

Para além disso, dispõe na cidade da Praia de um centro de distribuição com 5.600m² de área total sendo 2500m² de área coberta.

A empresa utiliza como procedimento para programação da produção o sistema *Kanban*⁵. Ela é uma ferramenta de programação de compras, de produção e de controlo de *stocks* comandada pelo cliente, ou seja, só se produz com base na procura do mercado.

Organização Administrativa da Empresa

A administração superior é feita por um concelho administrativo que delega os poderes ao director geral e este aos outros directores de departamentos para ali serem encaminhados aos seus subordinados (em anexo 3 organograma da empresa).

⁵ Kanban – é uma palavra japonesa que significa registo ou placa visível, desenvolvido pela Toyota Motors.

4.2 - Recolha, Tratamento e Análise de dados~

A Moave, é uma empresa do ramo alimentar, dedica-se a produção de farinhas. Adquire no mercado o trigo e outras matérias-primas adicionais. Após passar por todo o processo fabríco os produtos obtidos são: Farinha de 1ª, especial, integral e de bolacha.

O processo de produção está estruturado da seguinte forma:

Secções principais:

- Limpeza
- Moenda
- Ensacamento e Distribuição

As actividades de produção de cada tipo de farinha consomem, por tonelada, as seguintes Horas-máquinas:

Quadro 1 – Horas necessárias por produto em cada secção

	Farinha 1ª	Farinha Especial	Farinha Integral	Farinha Bolacha
Secções	Horas utilizadas por cada Tonelada produzido			
Limpeza (Trigo)	1,00	3,00	1,00	2,00
Moenda	2,00	8,00	2,00	3,00
Ensacamento Distribuição	3,00	5,00	6,00	3,00

Fonte: Autores

Por outro lado a empresa dispõe por semana, de 60 horas-máquinas na secção de limpeza, 140 horas-máquina na secção de moenda e 100 horas-máquinas na secção de ensacamento e distribuição.

O objectivo do problema é a programação da actividade produtiva semanal, sabendo que a margem bruta de cada produto, por tonelada é:

Farinha de 1ª – 300 Esc. / toneladas.

Farinha Especial – 725 Esc. / toneladas.

Farinha Integral – 200 Esc. / toneladas.

Farinha de Bolacha – 450 Esc. / toneladas.

Admitindo-se o pressuposto de que não há dificuldades de colocação no mercado.

A programação pretendida pode ser estabelecida mediante a resolução do seguinte modelo de PL:

$$\text{Max } Z = 300X_1 + 725 X_2 + 200 X_3 + 450 X_4$$

$$\text{Sujeito à: } X_1 + 3X_2 + X_3 + 2X_4 \leq 60 \quad (\text{Restrição do departamento de Limpeza})$$

$$2X_1 + 8X_2 + 2X_3 + 3X_4 \leq 140 \quad (\text{Restrição do departamento de Moenda})$$

$$3X_1 + 5X_2 + 6X_3 + 3X_4 \leq 100 \quad (\text{Restrição do departamento de Ensacamento e Distribuição})$$

$$\text{Com } X_1; X_2; X_3; X_4 \geq 0 \quad (\text{Condição de não negatividade})$$

As actividades principais são:

P₁ – Produção de Farinha de 1ª;

P₂ – Produção de Farinha Especial;

P₃ – Produção de Farinha Integral;

P₄ – Produção de Farinha de Bolacha.

Com as margens brutas de 300, 725, 200 e 450 escudos / tonelada, respectivamente; representando as variáveis X_1 , X_2 , X_3 e X_4 , os níveis de produção expressos em toneladas.

As actividades auxiliares, necessárias à padronização do problema são:

P_5 – não utilização da capacidade de produção da Secção de Limpeza;

P_6 - não utilização da capacidade de produção da Secção de Moenda;

P_7 - não utilização da capacidade de produção da Secção de Ensacamento e Distribuição.

Com as margens brutas nulas e representando as variáveis X_5 , X_6 e X_7 as capacidades ainda disponíveis nas secções respectivas expressas em horas-máquinas.

O problema na forma canónica:

$$\text{Max } Z = 300X_1 + 725 X_2 + 200 X_3 + 450 X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7$$

$$\text{Sujeito à: } X_1 + 3X_2 + X_3 + 2X_4 + X_5 + 0X_6 + 0 X_7 = 60$$

$$2X_1 + 8X_2 + 2X_3 + 3X_4 + 0X_5 + X_6 + 0X_7 = 140$$

$$3X_1 + 5X_2 + 6X_3 + 3X_4 + 0X_5 + 0X_6 + X_7 = 100$$

$$\text{Com } X_1; X_2; X_3; X_4; X_5; X_6; X_7 \geq 0$$

A resolução do problema em questão poderia ser feita utilizando diversos métodos matemáticos, no entanto será demonstrada através de uma ferramenta disponível no *Microsoft Excel* no menu Ferramentas/SOLVER.

Quadro 2 - Solução óptima do problema Primal

Maximizar Z:	Farinha 1ª	Farinha	Farinha	Farinha				
Margem bruta por	300,00	725,00	200,00	450,00				
Departamento	Horas utilizadas por cada Tonelada produzido				Horas		Horas	
Limpeza (Trigo)	1,00	3,00	1,00	2,00	60	<=	60	
Moenda	2,00	8,00	2,00	3,00	140	<=	140	
Ensacamento	3,00	5,00	6,00	3,00	100	<=	100	
	Farinha 1ª	Farinha	Farinha	Farinha				
Quantidade produzidas	2	14	0	8	Margem			
					14.350			

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

Quadro 3 - Relatório de resposta

Célula de destino (Máx)					
Célula	Nome	Valor original	Valor final		
\$I\$13	Quantidade produzidas toneladas Margem Bruta total	0	14350		
Células ajustáveis					
Célula	Nome	Valor original	Valor final		
\$C\$13	Quantidade produzidas toneladas Farinha 1ª	0	2		
\$D\$13	Quantidade produzidas toneladas Farinha Especial	0	14		
\$E\$13	Quantidade produzidas toneladas Farinha Integral	0	0		
\$F\$13	Quantidade produzidas toneladas Farinha Bolacha	0	8		
Restrições					
Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Estado	Tolerância
\$G\$8	Limpeza (Trigo) horas utilizadas	60	\$G\$8<=\$I\$8	Arqui var	0
\$G\$9	Moenda horas utilizadas	140	\$G\$9<=\$I\$9	Arqui var	0
\$G\$10	Ensacamento / Distribuição horas utilizadas	100	\$G\$10<=\$I\$10	Arqui var	0

Quadro 4 - Relatório de Sensibilidade

Células ajustáveis						
Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objectivo Coeficiente	Permissível Aumentar	Permissível Diminuir
\$C\$13	Quantidade produzidas toneladas Farinha 1ª	2	0	300	75	67,85714286
\$D\$13	Quantidade produzidas toneladas Farinha Especial	14	0	725	475	25
\$E\$13	Quantidade produzidas toneladas Farinha Integral	0	-243	200	242,5	1E+30
\$F\$13	Quantidade produzidas toneladas Farinha Bolacha	8	0	450	18,75	101,7857143
Restrições						
Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lado direito	Permissível Aumentar	Permissível Diminuir
\$G\$8	Limpeza (Trigo) horas utilizadas	60	143	60	2,222222222	5,714285714
\$G\$9	Moenda horas utilizadas	140	8	140	20	46,66666667
\$G\$10	Ensacamento / Distribuição horas utilizadas	100	48	100	40	2,857142857

C_1 – Margem bruta originado pela produção de 1 toneladas farinha de 1ª;

C_2 – Margem bruta originado pela produção de 1 toneladas farinha Especial;

C_3 – Margem bruta originado pela produção de 1 toneladas farinha Integral;

C_4 – Margem bruta originado pela produção de 1 toneladas farinha de Bolacha;

Z_1 – Rendimento que se deixa de ter pela produção de 1 toneladas de farinha de 1ª;

Z_2 – Rendimento que se deixa de ter pela produção de 1 toneladas de farinha Especial;

Z_3 – Rendimento que se deixa de ter pela produção de 1 toneladas de farinha Integral;

Z_4 – Rendimento que se deixa de ter pela produção de 1 toneladas de farinha de Bolacha;

C_1-Z_1 – é o Resultado Líquido da produção de 1 toneladas de Farinha de 1ª;

C_2-Z_2 – é o Resultado Líquido da produção de 1 toneladas de Farinha Especial;

C_3-Z_3 – é o Resultado Líquido da produção de 1 toneladas de Farinha Integral;

C_4-Z_4 – é o Resultado Líquido da produção de 1 toneladas de Farinha de Bolacha.

Solução ótima do problema:

$X^* = (2, 14, 0, 8)$ e $Z^* = 14350$,

este é o programa de produção ótimo para um plano semanal, pois a inclusão de qualquer das actividades excluídas piora o resultado da empresa; consiste em produzir apenas as três farinhas – 2 toneladas farinha de 1ª, 14 toneladas farinha especial e 8 toneladas farinha de bolacha – esgotando-se, dessa forma, as capacidades das secções de limpeza, moenda e ensacamento e distribuição. O resultado associado ao programa ótimo é de 14.350\$00.

Formalização do Dual do Problema

$$\text{Min } Z = 60 W_1 + 140 W_2 + 100 W_3$$

$$\text{Sujeito a: } W_1 + 2 W_2 + 3 W_3 \geq 300 \text{ (Restrição Margem bruta unitária de Farinha 1ª)}$$

$$3 W_1 + 8 W_2 + 5 W_3 \geq 745 \text{ (Restrição Margem bruta unitária de Farinha Especial)}$$

$$W_1 + 2 W_2 + 6 W_3 \geq 200 \text{ (Restrição Margem bruta unitária de Farinha Integral)}$$

$$2W_1 + 3 W_2 + 3 W_3 \geq 450 \text{ (Restrição Margem bruta unitária de Farinha Bolacha)}$$

$$\text{Com } W_1, W_2, W_3 \geq 0$$

Modelo Resolvido com auxílio da ferramenta Solver:

Quadro 5 - Solução óptima do problema Dual

	x ₁	x ₂	x ₃			
Minimizar Z:	Limpeza	Moenda	Ensacamento			
Valorização dos recursos	60,00	140,00	100,00			
Departamento	horas utilizadas por cada					Margem Bruta
Farinha de 1ª	1,00	2,00	3,00	300	>=	300
Farinha Especial	3,00	8,00	5,00	745	>=	745
Farinha Integral	1,00	2,00	6,00	437	>=	200
Farinha de Bolacha	2,000	3,000	3,000	450	>=	450
	Limpeza	Moenda	Ensacamento			
Utilização de Recursos	137	14	46			14350

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

Quadro 6 - Relatório de Resposta

Célula de destino (Mín)						
	Célula	Nome	Valor original	Valor final		
	\$H\$12	Utilização de Recursos Margem Bruta total	0	14350		
Células ajustáveis						
	Célula	Nome	Valor original	Valor final		
	\$C\$12	Utilização de Recursos Limpeza (Trigo)	0	137		
	\$D\$12	Utilização de Recursos Moenda	0	14		
	\$E\$12	Utilização de Recursos Ensacamento / Distribuição	0	46		
Restrições						
	Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Estado	Tolerância
	\$F\$7	Farinha de 1ª	300	\$F\$7>=\$H\$7	Arqui var	0
	\$F\$8	Farinha Especial	745	\$F\$8>=\$H\$8	Arqui var	0
	\$F\$9	Farinha Integral	437	\$F\$9>=\$H\$9	Não arquivar	237
	\$F\$10	Farinha de Bolacha	450	\$F\$10>=\$H\$10	Arqui var	0

Quadro 7 - Relatório de Sensibilidade

Células ajustáveis						
		Final	Reduzido	Objectivo	Permissível	Permissível
Célula	Nome	Valor	Custo	Coeficiente	Aumentar	Diminuir
\$C\$12	Utilização de Recursos Limpeza (Trigo)	137	0	60	2,222222222	5,714285714
\$D\$12	Utilização de Recursos Moenda	14	0	140	20	46,66666667
\$E\$12	Utilização de Recursos Ensacamento / Distribuição	46	0	100	40	2,857142857
Restrições						
		Final	Sombra	Restrição	Permissível	Permissível
Célula	Nome	Valor	Preço	Lado direito	Aumentar	Diminuir
\$F\$7	Farinha de 1ª	300	2	300	135	65
\$F\$8	Farinha Especial	745	14	745	455	45
\$F\$9	Farinha Integral	437	0	200	236,5	1E+30
\$F\$10	Farinha de Bolacha	450	8	450	33,75	97,5

Considerando a primeira restrição:

$$W_1 + 2 W_2 + 3 W_3 \geq 300.$$

O valor do segundo membro, 300 (Escudos), representa a margem bruta unitária da farinha de 1ª; os coeficientes das variáveis Duais 1, 2 e 3, são as horas-máquinas, relativo aos três departamentos, respectivamente. Sendo os dois membros da restrição expressa na mesma unidade, as variáveis principais do Dual, W_1 , W_2 e W_3 , devem ser entendidas como valorizações unitárias a imputar a cada recurso; logo, o primeiro membro da restrição pode interpretar-se como sendo o valor dos recursos à imputar de uma tonelada de farinha de 1ª, e esta não pode ser inferior a margem bruta unitária (300).

De igual modo para as restantes restrições,

$3 W_1 + 8 W_2 + 5 W_3 \geq 745$, indica que a valorização unitária dos recursos deve ser tal que o valor de uma tonelada de Farinha Especial não deve ser inferior à respectiva margem bruta unitária (745).

$W_1 + 2 W_2 + 6 W_3 \geq 200$, indica que a valorização unitária dos recursos deve ser tal que o valor de uma tonelada de Farinha Integral não deve ser inferior à respectiva margem bruta unitária (200).

$2W_1 + 3 W_2 + 3 W_3 \geq 450$, indica que a valorização unitária dos recursos deve ser tal que o valor de uma tonelada de Farinha de Bolacha não deve ser inferior à respectiva margem bruta unitária (450).

Quanto a função objectivo, $\text{Min } Z = 60 W_1 + 140 W_2 + 100 W_3$, esta traduz a valorização total dos recursos disponíveis, pretendendo com a resolução do problema que este valor seja mínimo.

W_1 , W_2 e W_3 são as valorizações unitárias dos recursos, ou seja os preços Duais ou preços sombra.

Quanto as Variáveis de desvio, W_4 , W_5 , W_6 e W_7 , estas são dadas por:

$$W_4 = W_1 + 2 W_2 + 3 W_3 - 300$$

$$W_5 = 3 W_1 + 8 W_2 + 5 W_3 - 745$$

$$W_6 = W_1 + 2 W_2 + 6 W_3 - 200$$

$$W_7 = 2 W_1 + 3 W_2 + 3 W_3 - 450$$

No Segundo membro tem-se a valorização a preços sombra⁶ dos recursos utilizados na fabricação, subtraída a margem bruta unitária, respectivamente para Farinha de 1ª, Farinha Especial, Farinha Integral e Farinha de Bolacha. Estas diferenças representam assim a perda de oportunidade da produção de cada tipo de farinha.

A solução óptima do problema dual é:

$$U^* = (137, 14, 46) \text{ e } W^* = 14350,$$

isto é, os recursos – hora-máquina do departamento de limpeza, departamento de moenda e departamento de ensacamento e distribuição – são valorizado em 137, 14 e 46, respectivamente, e as variáveis de desvio, ou perdas de oportunidade, relativas a produção de farinhas são nulas exceptuando W_6 que tem uma perda de 237.

Tabela 3 - Relação Primal – Dual

	Problema Primal	Problema Dual
Variáveis principais	$X_1^* = 2$	$W_1^* = 60$
	$X_2^* = 14$	$W_2^* = 140$
	$X_3^* = 0$	$W_3^* = 100$
	$X_4^* = 8$	$W_4^* = 0$
Variáveis Auxiliares	$X_5^* = 0$	$W_5^* = 0$
	$X_6^* = 0$	$W_6^* = 237$
	$X_7^* = 0$	$W_7^* = 0$
Solução Óptima	$Z^* = 14350$	$Z^* = 14350$

Fonte: Autores

⁶ Segundo Ramalheite M, Guerreiro J. & Magalhães A. (1997), Preço sombra – São preços valorizados internamente, ou seja, nada tem a ver com os preços do mercado.

Interpretação Económica à luz do teorema dos Desvios Complementares

O teorema dos desvios complementares estabelece que o produto entre as variáveis principais (auxiliares) do Primal/Dual e as variáveis auxiliares (principais) do dual (primal) é nulo:

$$\mathbf{X}_j^* \times \mathbf{U}_{M+J}^* = 0$$

$$\mathbf{U}_i^* \times \mathbf{X}_{N+i}^* = 0$$

- i. $\mathbf{X}_1^* \times \mathbf{U}_4^* = 0$, pois $\mathbf{X}_1^* = 2$ e $\mathbf{U}_4^* = 0$, o que significa que dado produzirem-se 2 toneladas de farinha de 1ª, a perda de oportunidade de produzir uma tonelada é nula; no caso da perda de oportunidade fosse positiva, o produto não seria produzido.
- ii. $\mathbf{X}_2^* \times \mathbf{U}_5^* = 0$, pois $\mathbf{X}_2^* = 14$ e $\mathbf{U}_5^* = 0$, isto é, dado que se produzem 14 toneladas de farinha Especial, a perda de oportunidade de produzir uma é nula; obviamente se a perda de oportunidade fosse positivo o produto não seria produzido.
- iii. $\mathbf{X}_3^* \times \mathbf{U}_6^* = 0$, pois $\mathbf{X}_3^* = 0$ e $\mathbf{U}_6^* = 237$, isto é, uma vez que a perda de oportunidade é positiva, não se produz a farinha Integral.
- iv. $\mathbf{X}_4^* \times \mathbf{U}_7^* = 0$, pois $\mathbf{X}_4^* = 8$ e $\mathbf{U}_7^* = 0$, o que significa que dado que se produzem 8 toneladas de farinha de Bolacha, a perda de oportunidade de produzir uma é nula; obviamente se a perda de oportunidade fosse positivo o produto não seria produzido.
- v. $\mathbf{U}_1^* \times \mathbf{X}_5^* = 0$, pois $\mathbf{U}_1^* = 60$ e $\mathbf{X}_5^* = 0$, isto é a valorização das horas-máquinas do departamento de Limpeza é nula pelo facto de este ser um recurso escasso. A disponibilidade adicional de 1 hora-máquina possibilita um acréscimo de 60 escudos, no valor da margem bruta total.

- vi.** $U_2^* \times X_6^* = 0$, pois $U_2^* = 140$ e $X_6^* = 0$, isto é a valorização das horas-máquinas do departamento de Moenda é nula pelo facto de este ser um recurso escasso. A disponibilidade adicional de 1 hora-máquina possibilita um acréscimo de 140 escudos, no valor da margem bruta total.
- vii.** $U_3^* \times X_7^* = 0$, pois $U_3^* = 100$ e $X_7^* = 0$, isto é a valorização das horas-máquinas do departamento de Ensacamento e Distribuição é nula pelo facto de este ser um recurso escasso. A disponibilidade adicional de 1 hora-máquina possibilita um acréscimo de 100 escudos, no valor da margem bruta total.

5 – CONCLUSÃO

As empresas de um modo geral, enfrentam no seu dia-a-dia problemas de maximização dos resultados ou de minimização dos custos de oportunidade associadas as suas produções, mas em muitos casos não se utilizam ferramentas adequadas para a solucionar estes problemas. Apesar do crescente número de factos económicos, financeiros e sociais que influenciam o sucesso da empresa, a modelagem matemática minimiza as dificuldades observadas na mensuração e evidenciação de informações úteis a tomada de decisão.

O objectivo geral do presente trabalho era o de propor um modelo de programação linear que desse suporte a tomada de decisão. Pode-se afirmar que o objectivo foi alcançado, uma vez que, foi demonstrado que a Programação Linear deve ser considerada como instrumento de auxílio aos gestores na tomada de decisão, beneficiando de informações relevantes e dinâmicas com fundamentação científica contribuindo para assumpção de melhor uso de acção.

Diante do exposto, entende-se que ferramentas quantitativas devem cada vez mais ser utilizadas para suportar informações eficazes na gestão das organizações; e que a Programação Linear é uma ferramenta imprescindível para o planeamento e controlo da actividade produtiva e que tem como grande vantagem a criação e simulação de cenários diferentes. Não obstante que nenhuma ferramenta substitui a análise do decisor.

6 – RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como recomendação para trabalhos futuros tem-se:

- Estudo de cenários exógenas que afectam as actividades de produção;
- Aplicação de procedimento e da ferramenta proposta a outras empresas de ramos e actividades diferentes;
- Continuidade do trabalho com possibilidade de incorporação de outras variáveis endógenas de interesse para a actividade de gestão;

Este trabalho constitui um passo importante na demonstração da importância de uma ferramenta de cariz quantitativa na abordagem à alocação eficiente de recursos escassos à disposição das actividades económicas. Recomenda-se assim aos gestores a utilização de uma ferramenta de resposta á decisão proporcionando a assumpção de alternativas e cenários fundamentadas e com suporte científico.

7 – BIBLIOGRAFIA

- Baranãno, A.M. (2008). *Métodos e Técnicas de investigação em gestão*. Lisboa: Editora Sílabo;
- Borges, A. & Rodrigues, J. A.(2008). *Contabilidade e finanças para gestão*. Lisboa: 4ª Edição. Áreas Editora;
- Borges, A., Rodrigues, J.A. & Jordan H.(2007). *O Controlo de gestão*. Lisboa: 7ª Edição. Áreas Editora;
- Caiado, A.C.P., Pinto A.I.C.S. (1997). *Controlo de gestão*. Lisboa: Editora Universidade Aberta;
- Caiado, A.C.P., Pinto (2003). *Contabilidade de gestão*. Lisboa: 3ª Edição. Áreas Editora;
- Costa, R.A. (2002). *Elementos de investigação operacional*. Lisboa: Editora universidade Aberta;
- Courtois, A., Pillet, M. & Bonnefous, C.M. (2005). *Gestão de produção*. Lisboa: Editora UAL;
- Drury, C. (2005). *Management and cost accounting*. Singapore: sixth edition. Thonson.
- Hiller, F.S. & lieberman, G.J. (2006). *Introdução a pesquisa operacional*. São paulo: 8ª Edição. Editora McGraw-Hill;
- Murteia, B.J.F., (1996). *Decisão estatística para gestores*. Lisboa: Editora UAL
- Ramalhete M, Guerreiro J. & Magalhães A. (1995). *Programação linear*. Lisboa: Editora McGraw-Hill, Volume I;
- Ramalhete M, Guerreiro J. & Magalhães A. (1997). *Programação linear*. Lisboa: Editora McGraw-Hill, Volume II;
- Tavares L.V. et al (1996). *Investigação operacional*. Lisboa: Editora McGraw-Hill;

Webster, A.L., (2007). *Estatística aplicada à administração e economia*. São Paulo: Editora Editora McGraw-Hill.

Fontes

Cardoso, A.F. et all (2005). *A Programação linear como um método quantitativo no controle e apoio à tomada de decisão na gestão de custos*. Florianópolis.

Disponível em <http://www.ucla.edu/ve/DAC>, consultado dia 02 de Abril às 10:02 de manhã.

Nossa, V. & Chagas, J.F. (1998). *Usando Programação Linear na Contabilidade Decisoria*. Brasília. Disponível em <http://www.fucape.br>, consultado em 6 de Abril às 10:25 de Manhã.

8 – ANEXOS

Anexo 1 – Aspectos fundamentais a ter em conta no processo de modelação

- Simplificar sem perder a essência do problema: para formular matematicamente um problema da vida real, por vezes complexo, é preciso simplificar o problema em estudo, mas a que ter atenção porque a simplificação do modelo deve corresponder à realidade, de tal forma que as soluções obtidas através do modelo matemático possam realmente ser aplicadas na vida real.
- Processo em espiral: desenvolve-se em forma de espiral, começando por uma representação simplificada do problema, até se chegar depois de vários ciclos a uma representação mais próxima da situação em estudo na vida real.

Um problema pode ser reformulado e remodelado perante as seguintes situações:

- Durante a etapa da avaliação do modelo e as suas soluções, os resultados demonstram que é preciso uma reformulação do problema por vezes incorporando novas restrições, alterando os valores de alguns dos parâmetros, etc.
- Depois de avaliadas e implementadas as soluções, avançar para uma etapa superior onde o modelo vai ser enriquecido com novos elementos, ainda mais complexos.

Este processo de reformulação e remodelação pode repetir-se, até que o modelo desenvolvido e as suas soluções representem, o mais preciso possível, a complexidade do problema em estudo, e as soluções implementadas satisfaçam completamente os principais objectivos traçados.

- Escolha do modelo certo: Na maioria das situações, o problema pode ser representado por modelos e problemas tipo já desenvolvidos pela Investigação

Operacional. Neste caso formular matematicamente o problema não é mais do que convertê-lo em certos modelos e problemas tipo da IO (modelos de Programação Linear, Programação Dinâmica, problema de transporte, etc.).

A IO estrutura e formula um problema de optimização da vida real dentro dum modelo matemático, reflectindo a essência do problema, de forma que as soluções obtidas, possam ser aplicadas na situação real.

Anexo 2 – Como utilizar o Solver

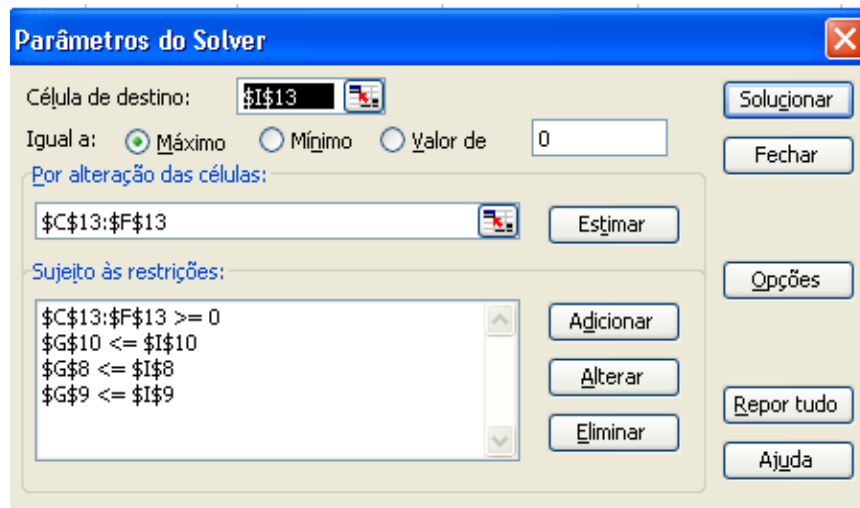
A ferramenta Solver permite localizar um valor ideal para uma fórmula em uma célula, chamada de célula de destino, em uma planilha. O Solver trabalha com um grupo de células relacionadas directa ou indirectamente com a fórmula na célula de destino. Desta forma, ajusta os valores nas células variáveis especificadas, chamadas de células ajustáveis, para produzir o resultado especificado na fórmula da célula de destino. Pudessem, também, aplicar restrições para restringir os valores que o Solver poderá usar no modelo, e as restrições podem se referir a outras células que afectem a fórmula da célula de destino.

A obtenção da solução do problema através de um software exige como entrada de dados os coeficientes das variáveis descritas no item anterior, os quais estão organizados no modelo.

	x1	x2	x3	x4	
Maximizar Z:	Farinha 1ª	Farinha Especial	Farinha Integral	Farinha Bolacha	
Margem bruta por Tonelada	300,00	725,00	200,00	450,00	
Departamento	horas utilizadas por cada Tonelada produzido				horas utilizadas
Limpeza (Trigo)	1,00	3,00	1,00	2,00	0 <= 60
Moenda	2,00	8,00	2,00	3,00	0 <= 140
Ensacamento / Distribuição	3,00	5,00	6,00	3,00	0 <= 100
	Farinha 1ª	Farinha Especial	Farinha Integral	Farinha Bolacha	Margem Bruta total
Quantidade produzidas tonelada					0

Dados do modelo

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

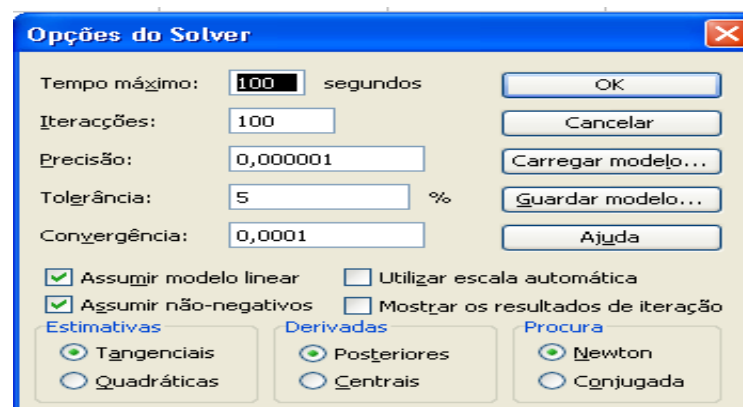


Parâmetros do Solver

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

A célula de destino \$I\$13 será a função - objectivo a ser calculada. As células variáveis \$C\$13:\$F\$13 serão as quantidades que o sistema irá calcular para serem produzidas conforme a função - objectivo e as horas disponíveis.

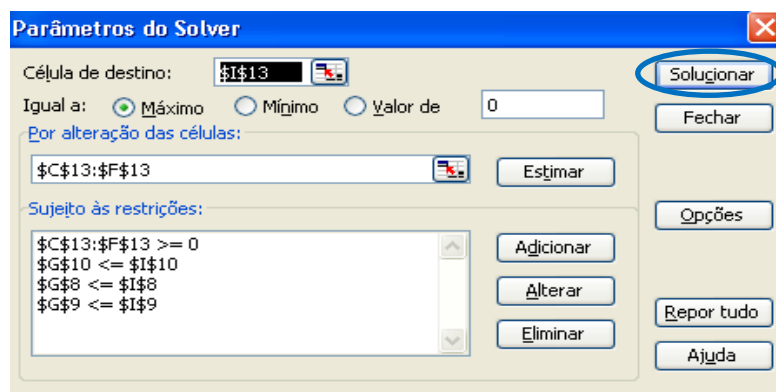
Somente será possível ao submeter-se às restrições do sistema produtivo, que na célula \$G\$8<=\$I\$8 significa que a quantidade a ser calculada através da programação linear deverá ser menor ou igual à disponibilidade de horas, e o processo é assim por diante descrito, passo a passo para cada departamento.



Opções do Solver

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

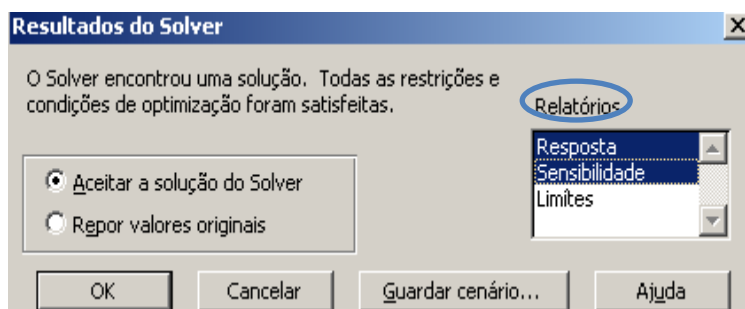
Em opções do Solver deverá ser activadas as opções “assumir modelo linear” e “assumir não - negativos, que fará com que as variáveis não assumem valores negativos, que são a restrição implícita do modelo de programação linear.



Parâmetros do Solver – Função Solucionar

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

O comando Solucionar, ao ser activada calcula todas as soluções óptimas, isto é, maximização do resultado de acordo com a função - objectivo e as restrições do sistema produtivo em análise.



Relatórios da solução do Solver

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

Após escolher a opção Solucionar, o sistema permitirá escolher relatórios a serem gerados na solução do problema que são: Relatório de Resposta e Relatório de Sensibilidade.

O relatório Sensibilidade dá-nos a solução óptima encontrada através da evidenciação das quantidades a serem produzidas de forma a maximizar a margem bruta e também, as quantidades de horas utilizadas e as folgas existentes de cada secção.

O relatório de Resposta dá-nos os dados da planilha inicial e os dados dos resultados obtidos.

Microsoft Excel 12.0 Relatório de respostas
Folha de cálculo: [anasolver.xls]Folha1
Relatório gerado: 02-06-2010 17:28:43

Célula de destino (Máx)

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$I\$13	Quantidade produzidas tonelada Margem Bruta total	0	14350

Células ajustáveis

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$C\$13	Quantidade produzidas tonelada Farinha 1ª	0	2
\$D\$13	Quantidade produzidas tonelada Farinha Especial	0	14
\$E\$13	Quantidade produzidas tonelada Farinha Integral	0	0
\$F\$13	Quantidade produzidas tonelada Farinha Bolacha	0	8

Restrições

Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Estado	Tolerância
\$G\$8	Limpeza (Trigo) horas utilizadas	60	\$G\$8<=\$I\$8	Arquivar	0
\$G\$9	Moenda horas utilizadas	140	\$G\$9<=\$I\$9	Arquivar	0
\$G\$10	Ensacamento / Distribuição horas utilizadas	100	\$G\$10<=\$I\$10	Arquivar	0

Relatório de Resposta.

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

Microsoft Excel 12.0 Relatório de sensibilidade
Folha de cálculo: [anasolver.xls]Folha1
Relatório gerado: 02-06-2010 17:28:44

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objectivo Coeficiente	Permissível Aumentar	Permissível Diminuir
\$C\$13	Quantidade produzidas tonelada Farinha 1ª	2	0	300	75	67,85714286
\$D\$13	Quantidade produzidas tonelada Farinha Especial	14	0	725	475	25
\$E\$13	Quantidade produzidas tonelada Farinha Integral	0	-243	200	242,5	1E+30
\$F\$13	Quantidade produzidas tonelada Farinha Bolacha	8	0	450	18,75	101,7857143

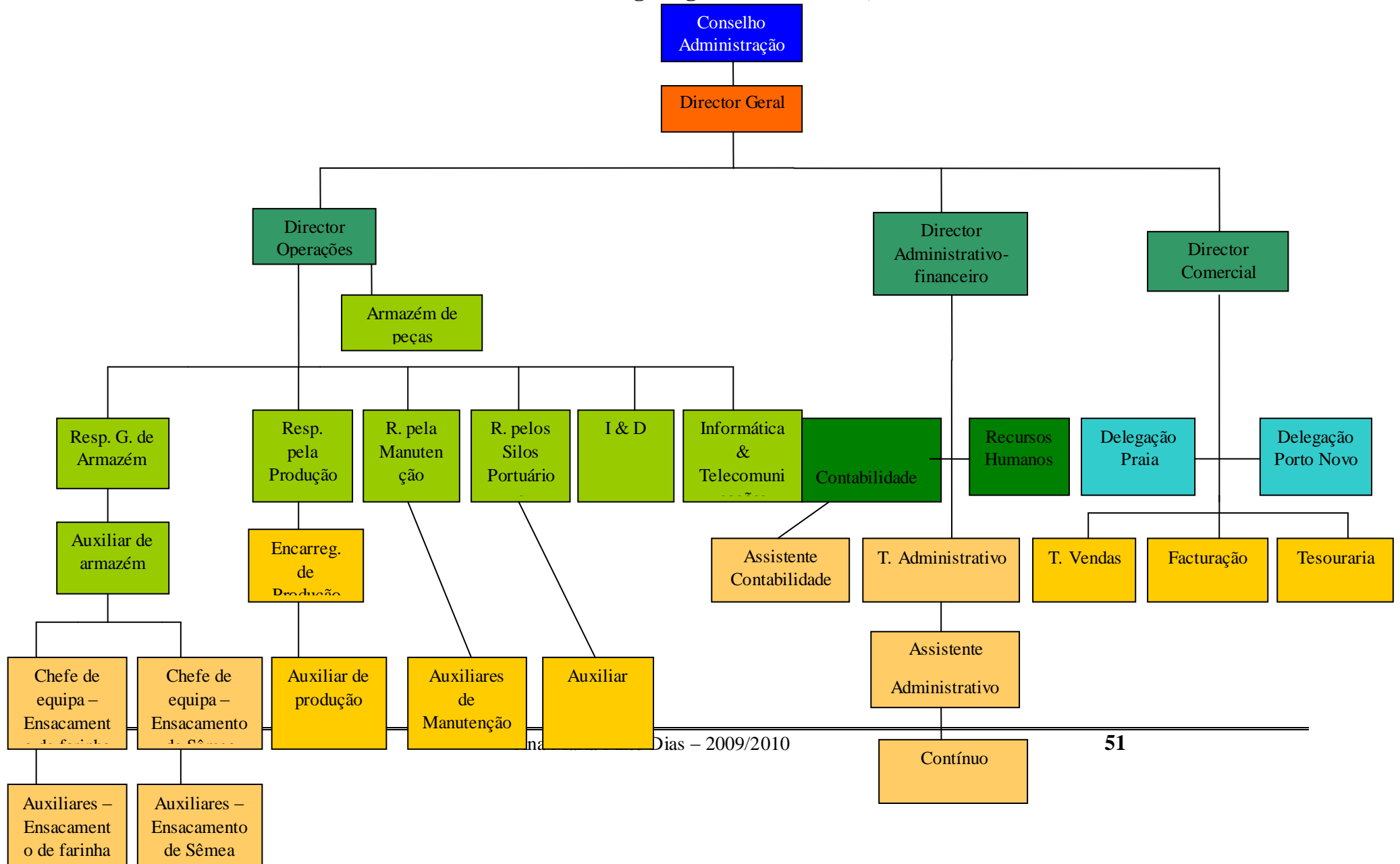
Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lado direito	Permissível Aumentar	Permissível Diminuir
\$G\$8	Limpeza (Trigo) horas utilizadas	60	143	60	2,222222222	5,714285714
\$G\$9	Moenda horas utilizadas	140	8	140	20	46,66666667
\$G\$10	Ensacamento / Distribuição horas utilizadas	100	48	100	40	2,857142857

Relatório de Sensibilidade

Fonte: Excel, Microsoft (2003)

Anexo 3 – Organograma da Moave, SA



Anexo 4

Fluxograma adaptado ao caso de Estudo

